

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 NOV 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

DOCUMENT DE
PRIORITÉ
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA RÈGLE
17.1. a) OU b)

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*02

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/3



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 © W / 010801

REMISE DES PIÈCES **2003** Réserve à l'INPI
DATE **35 INPI RENNES**
LIEU
N° D'ENREGISTREMENT **0314167**
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE **02 DEC. 2003**
PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier
(facultatif) N2982FR

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Cabinet Patrice VIDON
Technopôle Atalante
16B rue Jouanet
BP 90333
35703 RENNES CEDEX 7

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

Demande de brevet initiale

N°

Date

ou demande de certificat d'utilité initiale

N°

Date

Transformation d'une demande de
brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Substance neuroactive et utilisations d'une telle substance

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale

☐ Personne physique

Nom
ou dénomination sociale

Université de Nantes

Prénoms

Forme juridique

Etablissement Public à caractère Administratif et Scientifique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

2 rue de la Houssinière
BP 92208

Code postal et ville

4413122 NANTES

Pays

FRANCE

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☒ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2^{ème} page



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/3

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE 2 DEC 2003 LIEU 35 INPI RENNES N° D'ENREGISTREMENT 0314167 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 @ W / 010801
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		N2982FR	
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)			
Nom		VIDON	
Prénom		Patrice	
Cabinet ou Société		Cabinet Patrice VIDON	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	Technopôle Atalante 16B rue Jouanet - BP 90333	
	Code postal et ville	[3] [5] [7] [0] [3] RENNES CEDEX 7	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		02 99 38 23 00	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		02 99 36 02 00	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		vidon@vidon.com	
7 INVENTEUR (S)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i>		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention <i>(joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG</i> [] [] [] [] [] []	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) P. VIDON mandataire (CPI 92-1250)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 3/3.



REMISE DES PIÈCES 2003
DATE 35 INPI RENNES
LIEU 0314167
N° D'ENREGISTREMENT
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 029 0 W / 130501

Vos références pour ce dossier (facultatif)

N2982FR

2 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation
Date N°
Pays ou organisation
Date N°
Pays ou organisation
Date N°

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale ☐ Personne physique

Nom
ou dénomination sociale

Université d'Angers

Prénoms

Forme juridique

Etablissement Public à caractère Administratif et scientifique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

40 rue de Rennes

Code postal et ville

419101315 ANGERS Cedex

Pays

FRANCE

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☐ Personne morale ☐ Personne physique

Nom
ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(Nom et qualité du signataire) P. VIDON mandataire (CPI 92-1250)

J. ARCHER 01.04.201

VISA DE LA PRÉFECTURE
OU DE L'INPI

PRÉFÈTE
INDUSTRIEL

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI

Substance neuroactive et utilisations d'une telle substance.

L'invention concerne principalement le domaine de la biochimie.

Plus précisément, l'invention concerne le domaine des substances neuroactives.

5 Les cellules sont délimitées par des membranes qui présentent des perméabilités sélectives pour plusieurs ions, essentiellement les ions Na^+ , K^+ , Ca^{2+} et Cl^- .

Ces perméabilités sélectives sont assurées par des canaux ioniques qui sont constitués par des protéines transmembranaires formant des pores au travers
10 des membranes cellulaires.

Ces pores autorisent les flux transmembranaires passifs d'ions et jouent ainsi des rôles prépondérants dans de nombreuses fonctions cellulaires telles que l'excitation, la transmission synaptique, la sécrétion ou la contraction.

Les flux ioniques au travers de la membrane sont soumis à une force électrochimique déterminée à la fois par une répartition asymétrique de chacun
15 des ions de part et d'autre de la membrane, c'est-à-dire un gradient de concentration, et par un champ électrique, suivant l'équation de Nernst.

Toutes espèces ioniques considérées, le système évolue vers un état d'équilibre qui définit le potentiel de la cellule au repos. Selon le type cellulaire,
20 ce potentiel varie entre -40 mV et -90 mV .

Les canaux ioniques ont donc un rôle primordial dans la fonction cellulaire et beaucoup d'applications sont attendues pour des produits actifs sur ceux-ci.

De telles substances neuroactives agissant sur les canaux ioniques
25 présentent notamment un intérêt pour la recherche fondamentale, puisque employés comme agents pharmacologiques, ils permettent de mieux connaître les mécanismes des fonctions nerveuses.

Parallèlement, on sait qu'un certain nombre de maladies ou syndromes sont liés aux troubles de l'excitabilité neuronale. De telles substances
30 neuroactives agissant sur les canaux ioniques peuvent donc aussi aider au

développement de nouveaux médicaments.

De nombreux domaines liés à un dérèglement du système nerveux central sont ainsi à l'heure actuelle explorés : les douleurs neuropathiques (spontanées ou associées aux opérations, cancers, zonas etc.), les maladies
5 neurodégénératives (maladie d'Alzheimer, maladie de Parkinson), les troubles psychiques (schizophrénie) ou neurologiques (épilepsie).

Il existe donc un besoin pour de nouvelles substances neuroactives et notamment pour celles susceptibles d'agir sur les canaux ioniques.

Depuis une cinquantaine d'années, la recherche de métabolites bioactifs
10 s'est tournée vers le monde marin. En effet, de par leur incroyable biodiversité, les espèces océaniques constituent un gigantesque réservoir de substances naturelles.

Par exemple, en ce qui concerne les substances neuro-actives, l'oméga-conotoxine a été isolée à partir d'un mollusque (*Conus magus*). Cette substance,
15 qui bloque certains canaux calciques, présente une efficacité 100 à 1000 fois supérieure à celle de la morphine. Elle est maintenant utilisée pour la réalisation d'un médicament destiné à lutter contre la douleur : le ziconotide (marque déposée).

Un objectif de la présente invention est donc de proposer une nouvelle
20 substance neuroactive agissant sur les canaux ioniques membranaires.

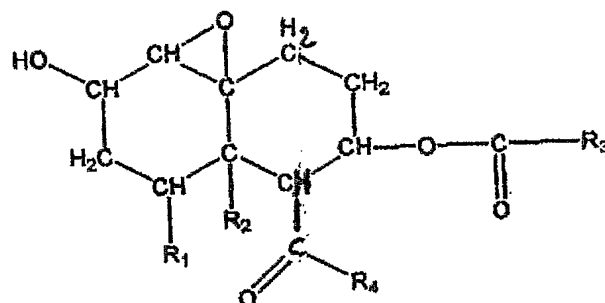
En particulier, un objectif de la présente invention est de proposer une telle substance susceptible d'agir sur un type de canal calcique.

Encore un autre objectif de la présente invention est de proposer une telle substance présentant une potentialité pour la réalisation de médicaments destinés
25 à lutter contre les troubles de l'excitabilité neuronale (canalopathies).

Encore un autre objectif de la présente invention est de présenter une telle substance neuroactive qui pourrait, le cas échéant, être utilisée comme insecticide, ou antagoniste, chez l'homme, des effets toxiques de certains insecticides.

30 Ces différents objectifs sont atteints grâce à l'invention qui concerne une

substance neuroactive caractérisée en ce qu'elle répond à la formule (O)

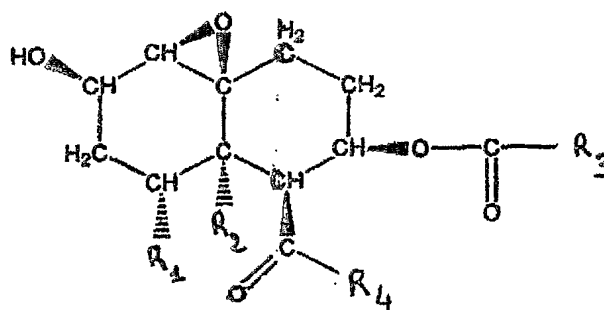


5

dans laquelle R1, R2, R3 et R4 sont identiques ou différents et sont des radicaux méthyle ou éthyle.

10

Préférentiellement, ladite substance répond à la formule (I)

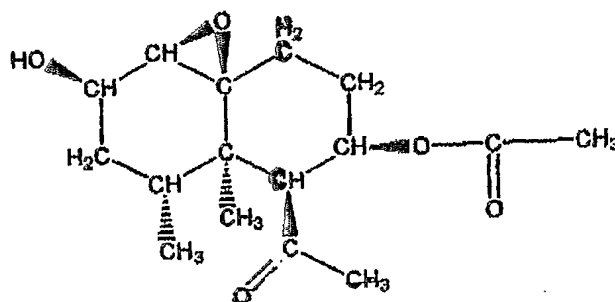


15

qui présente une stéréochimie particulière par rapport à la formule (O)

20

De façon préférée entre toutes, cette substance est constituée par le 6S-acétyl-4R,5R-diméthyl-1R(10S)-époxy-2R-hydroxy-7R-acétoxydécahydronaphtalène de formule (II)



25

30

Une telle substance répond à la formule (I) indiquée ci-dessus avec R1, R2, R3 et R4 constitué chacun par un radical méthyle.

Cette substance a été isolée par les inventeurs chez un corail, à savoir le cnidaire *Rhytisma fulvum*.

5 L'espèce *Rhytisma fulvum* appartient à la famille des *Alcyoniidae* à l'ordre des *Alcyonacea*, à la sous classe *Octocorallia*, à la classe *Anthozoa*, et à l'embranchement *Cnidaria*. Cette espèce de cnidaire a été décrite par Forskal en 1775 et par Alderslade en 2000 (*Zool.Med.Leiden*, 2000, 74(16) : 237-249).

10 *Rhytisma fulvum* est un corail qui présente une large distribution bathymétrique puisqu'il s'étend de -3m à -40m. Sa distribution géographique le localise dans les mers tropicales sur des sites ponctuels mais d'une manière particulièrement abondante. On le trouve notamment en Mer Rouge, à Zanzibar, à Madagascar, aux Iles Paternoster (Indonésie), en Papouasie, en Nouvelle-Guinée et le long de la grande barrière de corail australienne.

15 De nombreux métabolites ont déjà été isolés de *Rhytisma fulvum* notamment par Bowden *et al.* *Tetrahedron Lett.*, 1980, 21 (32) : 3105-3108, par Green *et al.* *J.Nat.Prod.*, 1992, 55 (9) : 1186-1196 et Wessels *et al.* *J.Nat.Prod.*, 2001, 64 (3) : 370-372. Aucune activité pharmacologique n'a été associée à ceux-ci.

20 Tous ces métabolites appartiennent à la classe chimique des terpènes. A la connaissance de la Demanderesse le métabolite de formule (II) n'a jamais été décrit.

25 Tel qu'il sera exposé ci-après plus en détails, les inventeurs ont prouvé que cette substance de formule (II) présentait une neuroactivité chez la blatte. Plus précisément, les chercheurs ont prouvé que cette substance de formule (II) était un activateur spécifique des canaux calciques transitoires à bas seuil d'activation, ce qui en fait, à leur connaissance le premier activateur membranaire de ce type de canaux calcium.

30 Cette substance (II) pourra donc être utilisée en recherche fondamentale à titre de réactif pharmacologique notamment dans le cadre de travaux impliquant

les canaux ioniques membranaires.

Pour l'instant, les chercheurs n'ont pas encore déterminé si cette neuroactivité était spécifique aux insectes ou existait aussi chez le mammifère, voire chez l'être humain.

5 Si la neuroactivité de cette substance se révèle ultérieurement spécifique aux insectes, cette substance sera susceptible d'être utilisée pour la réalisation d'insecticides. Dans ce cadre, cette substance pourra être utilisée seule ou en combinaison avec au moins un autre insecticide tels que notamment ceux induisant une neuroactivité contraire à celle du composé selon l'invention.

10 Si au contraire, la neuroactivité de cette substance est également observée chez l'être humain, cette substance pourra être utilisée pour

- la fabrication de médicaments activateurs de neurones dopaminergiques par exemple pouvant être utilisé notamment pour lutter contre la maladie de Parkinson qui est caractérisée entre autre par une diminution de la fréquence des potentiels d'action de ce type de neurones ;

15 - la fabrication de médicaments destinés à lutter contre la diminution de la fréquence des potentiels d'action des neurones à activité pacemaker. Cette fabrication pourra être étendue à une utilisation dans la lutte contre les troubles cardiaques.

20 On notera que la substance de formule (II) isolée par les inventeurs chez *Rhytisma fulvum* pourra tout à fait être synthétisée par voie chimique. Dans ce cadre, il pourra être obtenu des substances de formule (I) dans lesquelles les radicaux R1, R2, R3, R4 seront constitués par des radicaux méthyle et/ou éthyle. Les inventeurs estiment que les substances de formule (O) ou de formule (I),
25 proches de la substance de formule (II), sont susceptibles de présenter eux aussi une neuroactivité et donc d'être utilisées pour les mêmes applications que celles indiquées ci-dessus.

L'invention, ainsi que les différents avantages qu'elle présente seront plus facilement compris grâce à la description qui va suivre des travaux menés
30 par les inventeurs démontrant la neuroactivité chez la blatte (*Periplaneta*

americana) de la substance de formule (II). Cette description donnée en référence aux figures dans lesquelles :

- les figures 1 et 2 concernent les trois types de courants calciques ;
- les figures 3, 4 et 5 concernent l'effet de la substance de formule (II) sur l'activité électrique spontanée des neurones DUM de la blatte ;
- la figure 6 concerne l'influence de la substance de formule (II) sur des potentiels d'action déclenchés sur des neurones DUM de la blatte ;
- la figure 7 concerne l'effet de la substance de formule (II) sur le courant calcique HVA lors d'une impulsion dépolarisante ;
- la figure 8 concerne l'effet de la substance de formule (II) sur l'amplitude du courant calcique LVA global en fonction du temps ;
- la figure 9 concerne l'effet de la substance de formule (II) sur l'amplitude du courant calcique LVA global en réponse à une impulsion dépolarisante ;
- la figure 10 concerne l'effet de la substance de formule (II) en présence de chlorure de nickel sur l'amplitude du courant calcique LVA m et HVA ;
- la figure 11 concerne l'effet de la substance de formule (II) en présence de chlorure de nickel sur l'amplitude du courant calcique LVAm enregistré lors d'une impulsion dépolarisante ;
- la figure 12 résume les effets de la substance de formule (II) sur l'amplitude des différents courant calciques.

2625 g de corail *Rhytisma fulvum* pêché au large de Djibouti ont été utilisés pour obtenir un extrait éthanolique de 33,5 g (rendement 1,28%).

La substance de formule (II) a été extraite par un procédé classique de chromatographie selon le mode opératoire décrit ci-après.

L'extrait éthanolique de *Rhytisma fulvum* a été soumis à une Chromatographie Liquide sous Vide (CLV) sur silice. L'élution a été effectuée

avec un mélange de dichlorométhane (CH_2Cl_2) et de méthanol (MeOH).

Une Chromatographie Liquide sous Vide avec une phase stationnaire apolaire C_{18} a ensuite été effectuée sur la fraction $\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{MeOH}$ 98 :2 obtenue à l'étape précédente avec un éluant constitué par un mélange de méthanol (MeOH) et d'eau.

Une Chromatographie Liquide sous Vide sur silice a ensuite été effectuée sur la fraction $\text{MeOH}/\text{H}_2\text{O}$ 50 :50 obtenue à l'étape précédente avec un éluant constitué d'hexane et d'acétone.

Une Chromatographie Liquide Haute Performance sur gel de silice (Nucléosil® 5μ mSi) a ensuite été effectuée sur la fraction hexane/acétone 60/40 obtenue à l'étape précédente avec un éluant constitué de dichlorométhane et d'éthanol (EtOH)

La fraction présentant un temps de rétention compris entre 7 mn 30 et 9 mn a ensuite été soumise à une Chromatographie Liquide Haute Performance sur gel de silice (Nucléosil® 5μ mSi) en utilisant un éluant constitué de dichlorométhane et d'éthanol (EtOH) ce qui a permis l'obtention de deux fractions dont l'une présentant un temps de rétention compris entre 25 à 34 minutes. Cette fraction a été analysée et a permis de conclure qu'il s'agissait d'un composé de formule (II).

Lors de ces expériences, le matériel chromatographique utilisé pour la Chromatographie Liquide sous Vide présentait les caractéristiques suivantes :

- adsorbant : silice 60 Å, granulométrie 35-70 μm , *Chromagel SDS* ; C_{18} , 60 Å, granulométrie 60 μm , *Macherey-Nagel*
- colonne de verre avec de la laine de verre comme filtre.

Le matériel chromatographique utilisé pour la Chromatographie Liquide à Haute Performance présentait quant à lui les caractéristiques suivantes :

- manomètre : 806 module manométrique, *Gilson*
- pompe à solvants : 305 pump, *Gilson*
- injecteur : vanne Rheodyne, boucle 100 μL
- détecteurs : 115 UV et 132 RI, *Gilson*

- imprimante : SE120, *BBC Guerz Metrawatt*
- colonnes analytiques : 250 x 4.6 mm, *Nucleosil 5 μ m Si*
- colonne préparative : 250 x 22 mm, *Rsil 10 μ m*
- seringue : 100 μ L ou 500 μ L, *Hamilton*.

5 On notera que la substance de formule (II) a été obtenue avec un rendement de 1,05% par rapport à l'extrait éthanolique de départ, c'est-à-dire, 0,0013% en poids par rapport à la matière première.

10 La neuroactivité de la substance de formule (I) a ensuite été testée par injection sur des larves de diptères. Dans ce cadre, les inventeurs ont utilisé des larves de *Cyloraphes* de l'espèce *Phormia terrae novae* au stade larvaire III, juste avant le stade imago permettant la métamorphose en pupes ou en nymphes. Ce type de larves est disponible dans les magasins de pêche et se conserve dans du son à 4°C pendant 10 jours maximum.

15 L'injection du produit est réalisée à l'aide d'une micro-seringue de précision équipée d'une aiguille hypodermique biseautée. L'aiguille est insérée au niveau du dernier segment abdominal de l'animal face dorsale. L'injection est considérée comme réussie si la larve est toujours mobile au bout de l'aiguille. Dans ce type de test, une contraction ou une relaxation d'un minimum de 5 secondes est définie comme une réponse positive, l'intensité et la durée étant
20 cependant dose-dépendante tandis que l'absence de tout symptôme sur 10 min constitue une réponse négative.

25 La substance (II) a été testée en injectant une dose unique de 350 μ g de produit par larve (poids moyen des larves 70 mg), au moyen d'une injection de 7 μ L d'une solution à 50 mg/ml du produit dans le mélange eau : DMSO 85-15 v/v.

 Cette concentration a ensuite été diluée de moitié jusqu'à ce qu'aucune activité des larves soit détectée.

30 Ces tests ont permis d'établir que la concentration minimale active sur les larves de diptères de la substance de formule (II) est de 3,1 μ g par μ L et par 10 mg de larves.

Le poids moléculaire de la substance de formule (II) étant de 296 g par mole, la CMA de celle-ci est donc d'environ 1 mM / mg de larves.

Les inventeurs ont ensuite étudié les effets possibles de la substance de formule (II) sur les courants ioniques membranaires neuronaux.

5 Dans un premier temps, les canaux sodiques et potassiques neuronaux ont été étudiés. Ces canaux sont impliqués dans la genèse des potentiels d'action.

Cette étude a été menée sur des axones géants de blattes (*Periplaneta americana*). L'axone géant de ces blattes a été isolé dans un connectif d'une chaîne nerveuse abdominale ventrale.

10 Lors de l'expérimentation, l'axone est baigné par du liquide physiologique. L'expérimentation se fait en potentiel imposé et en courant imposé en absence et en présence de la substance de formule (II).

Cette expérimentation n'a permis de constater aucun changement sur le potentiel d'action. La substance de formule (II) n'a donc pas d'activité sur les canaux sodiques et potassiques axonaux de blatte.

15 Une seconde expérimentation a été menée sur les neurones dorsaux impairs et médians (neurones DUM pour Dorsal Unpaired Median Neurons) du système nerveux central des blattes (*Periplaneta americana*). Ces neurones sécrètent notamment une amine biogène, l'octopamine, un neuromédiateur dont la structure chimique est proche de la dopamine des vertébrés. Ils constituent un bon modèle d'étude car ils présentent des propriétés électrophysiologiques proches de celles des neurones dopaminergiques des vertébrés.

20 Ces neurones DUM sont isolés à partir de la ligne médio-dorsale du dernier ganglion abdominal terminal de la chaîne nerveuse des blattes mâles adultes, par digestion enzymatique et dissociation mécanique, selon la technique décrite par Lapied *et al.* (J. Exp. Biol., 1989, 144 : 535-549). Les neurones ainsi isolés sont maintenus en culture à 29°C pendant 24h avant expérimentation. La technique du patch-clamp en configuration cellule entière est utilisée pour mesurer l'activité électrique ainsi que les courants calciques (conditions de potentiel et/ou de courant imposé) selon la méthode décrite par Grolleau et

25

30

Lapied (J.Neurophysiol. 1995, 73 : 160-171).

Une telle expérimentation a eu pour objectif de déterminer sur quel type de canal calcique la substance de formule (II) agissait.

5 Il existe en effet deux grands groupes de canaux calciques, à savoir les canaux calciques à haut seuil d'activation (HVA pour High Voltage Activated calcium channel - voir figure 1) et les canaux calciques à bas seuil d'activation (LVA pour Low Voltage Activated calcium channel - voir figure 2). Parmi les canaux calciques à bas seuil d'activation, on distingue les canaux calciques LVA transitoires (LVA_t) et les canaux calciques LVA maintenus (LVA_m).

10 Les courants calciques HVA s'activent pour des potentiels proches de -30mV.

Les courants calciques LVA s'activent pour des potentiels plus négatifs compris entre -70 et -50 mV.

15 Le courant calcique LVA transitoire est caractérisé par un seuil d'activation à -70 mV. L'inactivation est dépendante du potentiel et indépendante de l'influx de Ca²⁺. Ce courant qui est sensible au chlorure de nickel (100 µM) est impliqué dans la phase initiale de pré-dépolarisation. Il correspond au courant de type T classique des vertébrés.

20 Le courant calcique LVA maintenu se distingue par un seuil d'activation à -60 mV, une inactivation dépendante du potentiel et de la concentration intracellulaire de Ca²⁺. Il est insensible au chlorure de nickel (100 µM) et est impliqué dans la phase terminale de la pré-dépolarisation.

25 Une première série d'expériences sur les neurones DUM a permis de voir un effet de la substance de formule (II) sur l'activité électrique « pacemaker ». Les expériences ont été réalisées en présence de 4-aminopyridine (4-AP, 2 mM) afin de bloquer le courant potassium de type A, lequel intervient normalement pour maintenir une fréquence basse de décharge des potentiels d'action (Grolleau et Lapied, 1995). En absence de 4-AP, l'activation de ce courant est susceptible de masquer une variation éventuelle de la fréquence de décharge des potentiels
30 d'action.

Comme le montre la figure 3 ci-après, la fréquence des potentiels d'action est affectée, mais l'amplitude reste inchangée. En présence de la substance (II) à 100 μ M, la fréquence est augmentée d'un facteur 2,1 qui est statistiquement significatif comme le montre la figure 4. La phase de post-hyperpolarisation est également augmentée comme le montre la figure 5. Enfin, la pente de la pré-dépolarisation est plus élevée, ce qui a pour conséquence un déclenchement plus précoce du potentiel d'action, sans changement dans sa durée, ni dans son amplitude.

Des expériences ont également été réalisées sur une activité électrique déclenchée par injection d'un échelon de courant dépolarisant contrôlé en amplitude et en durée (figure 6). Les résultats obtenus dans ces conditions sont en accord avec les expériences réalisées sur l'activité spontanée. Une augmentation à la fois de la phase de post-hyperpolarisation et de la pente de la pré-dépolarisation est observée. Ceci se traduit par une augmentation de la fréquence de décharge, le seuil de déclenchement du potentiel d'action étant atteint plus tôt. Aucune modification dans l'amplitude ou la durée du potentiel d'action n'a été observé.

L'ensemble de ces observations tend à exclure un effet direct de la substance de formule (II) sur les canaux sodiques et potassiques puisque respectivement ni l'amplitude du potentiel d'action ni sa durée ne sont affectées par sa présence. Ces observations confirment donc les résultats obtenus précédemment sur l'axone géant de blatte. Par contre, la substance de formule (II) augmente la fréquence de décharge des potentiels d'actions. Or, ce sont principalement les courants calciques de type LVA, transitoire et maintenu, qui interviennent dans la phase de pré-dépolarisation.

Les deux groupes de courants calciques (*i.e.*, HVA et LVA) sont suffisamment différents pour que l'on puisse étudier séparément l'action de composés neuroactifs sur chacun d'eux. Grâce à l'utilisation d'un protocole expérimental permettant d'appliquer deux impulsions dépolarisantes d'amplitudes différentes, il est possible d'enregistrer uniquement le courant

HVA (test à -10 mV à partir d'un potentiel de référence de -100 mV) ou le courant LVA global (test à -50 mV à partir d'un potentiel de référence de -100 mV). Dans le dernier cas, il est également possible d'enregistrer uniquement le courant LVAm en travaillant en présence de $100 \mu\text{M}$ de chlorure de nickel. Dans ces conditions, le courant LVAt s'obtient par « soustraction » du courant LVA global avec le LVAm. Dans tous les cas, les enregistrements sont obtenus en présence d'inhibiteurs spécifiques des courants sodiques et potassiques (100 nM de tétródotoxine, 100 mM de TEA-Cl et 5 mM de 4-AP, respectivement).

Lorsqu'une impulsion dépolarisante de $+90$ mV est appliquée au potentiel de référence de -100 mV, seul le courant calcique HVA est activé. Or, l'amplitude de ce courant est seulement réduite de 9% ($n = 7$) par rapport au contrôle en présence de la substance de formule (II). Cette variation n'est pas significative et permet de conclure que le produit agit très peu au niveau du courant calcique de type HVA (figure 7).

Lorsque la substance de formule (II) est appliquée sur les neurones DUM, l'amplitude du pic du courant calcique LVA global, enregistrée en réponse à une impulsion dépolarisante de $+50$ mV à partir d'un potentiel de référence de -100 mV, augmente immédiatement ($+81\% \pm 24$; $n = 7$; figure 8). Par contre, il apparaît clairement que la composante maintenue mesurée en fin de l'impulsion dépolarisante n'est pas affectée (figure 9). Ces deux expériences orientent donc vers l'hypothèse que la substance de formule (II) affecte sélectivement un des deux types de canaux calciques LVA. Cette hypothèse a été vérifiée en réitérant l'expérience, mais cette fois en présence de $100 \mu\text{M}$ de chlorure de nickel connu pour bloquer sélectivement le courant calcique LVAt.

Les inventeurs ont constaté que ni l'amplitude du courant LVAm (figures 10 et 11), ni celle du HVA ne sont modifiées (figure 10). Cela confirme donc que la substance de formule (II) agit spécifiquement au niveau du LVAt.

La figure 12 résume les effets de la substance de formule (II) sur l'amplitude des différents courant calciques

La substance de formule (II) augmente donc la fréquence de décharge des

potentiels d'action en potentialisant le canal calcique de type LVAt. Il y a donc entrée de calcium, donc accentuation de la pente de pré-dépolarisation qui permet d'atteindre plus rapidement le seuil de déclenchement du potentiel d'action.

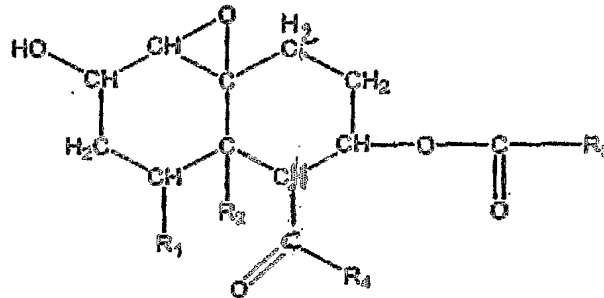
5 L'analogie entre l'octopamine des neurones DUM d'insectes et la dopamine des neurones dopaminergiques de la substance noire du cerveau humain, peut laisser envisager qu'un produit actif sur les premiers puisse également l'être sur les seconds.

10 S'il s'avère que la substance de formule (II) est spécifique aux canaux calciques d'insecte, cette substance pourrait être utilisée dans des insecticides comme indiqué ci-dessus.

15 Si au contraire, cette substance agit également sur les canaux calciques LVAt de vertébrés, elle pourrait être utilisée pour la fabrication de médicaments activateurs, par exemple, des neurones dopaminergiques, notamment pour soigner la maladie de Parkinson, ainsi que comme médicaments destinés à soigner les pathologies liées à une diminution de la fréquence des potentiels d'action des neurones à activité pacemaker.

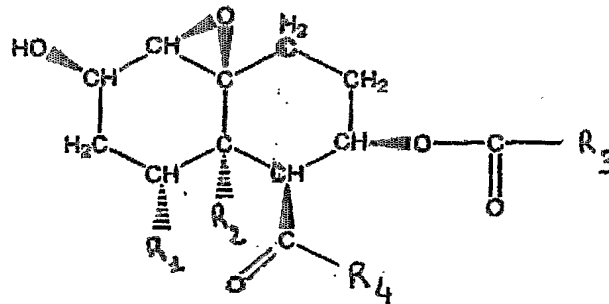
REVENDICATIONS

1. Substance neuroactive caractérisée en ce qu'elle répond à la formule
(0)

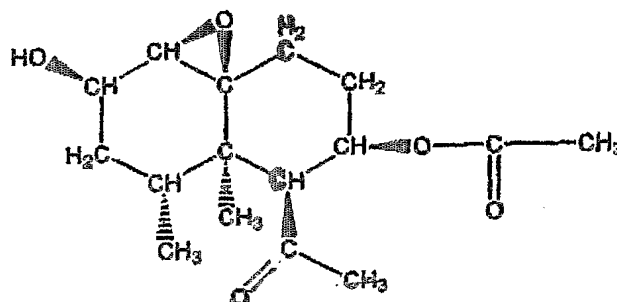


dans laquelle R₁, R₂, R₃ et R₄ sont identiques ou différents et sont des radicaux méthyle ou éthyle.

2. Substance neuroactive selon la revendication 1 caractérisée en ce qu'elle répond à la formule (I)



3. Substance neuroactive selon la revendication 2 caractérisée en ce qu'elle est constituée par la 6S-acétyl-4R,5R-diméthyl-1R(10S)-époxy-2R-hydroxy-7R-acétoxydécahydronaphtalène répondant à la formule (II)



4. Substance selon la revendication 3 caractérisée en ce qu'elle est extraite du cnidaire *Rhytisma fulvum*
- 5 5. Substansce selon la revendication 1,2 ou 3 caractérisée en ce qu'elle est produite par synthèse chimique.
6. Utilisation d'une substance selon l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3 pour la réalisation d'un réactif pharmacologique
- 10 7. Utilisation selon la revendication 6 caractérisée en ce que ledit réactif pharmacologique est un activateur sélectif des canaux membranaires calciques transitoires à bas seuil d'activation.
- 15 8. Utilisation d'une substance selon l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3 pour la réalisation d'un insecticide.
9. Utilisation selon la revendication 8 caractérisée en ce que ladite substance est utilisée en association avec un autre insecticide.
- 20 10. Utilisation d'une substance selon la revendication 1, 2 ou 3 pour la fabrication d'un médicament destiné à lutter contre des maladies liées aux troubles de l'excitabilité neuronale.
- 25 11. Utilisation selon la revendication 10 pour la fabrication d'un médicament activateur des neurones dopaminergiques.
12. Utilisation selon la revendication 11 pour la fabrication d'un médicament destiné à lutter contre la maladie de Parkinson.

13. Utilisation selon la revendication 10 pour la fabrication d'un médicament destiné à lutter contre la diminution de la fréquence de décharge des potentiels d'action des neurones à activité pacemaker.

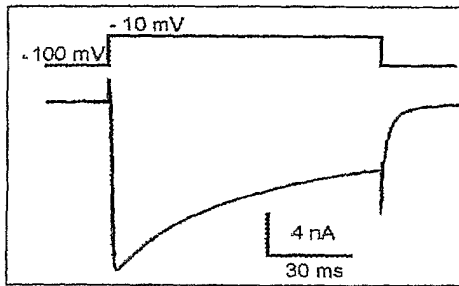


Fig. 1

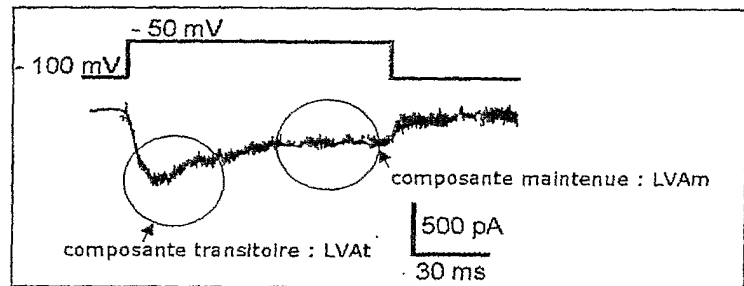


Fig. 2

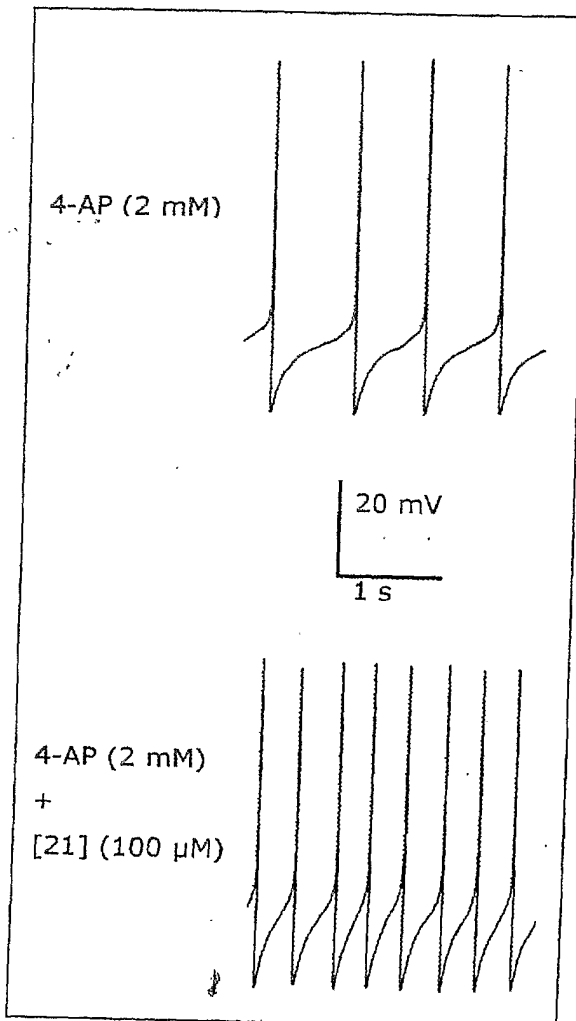


Fig. 3

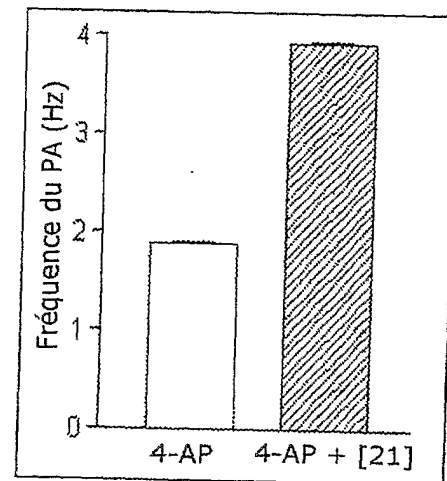


Fig. 4

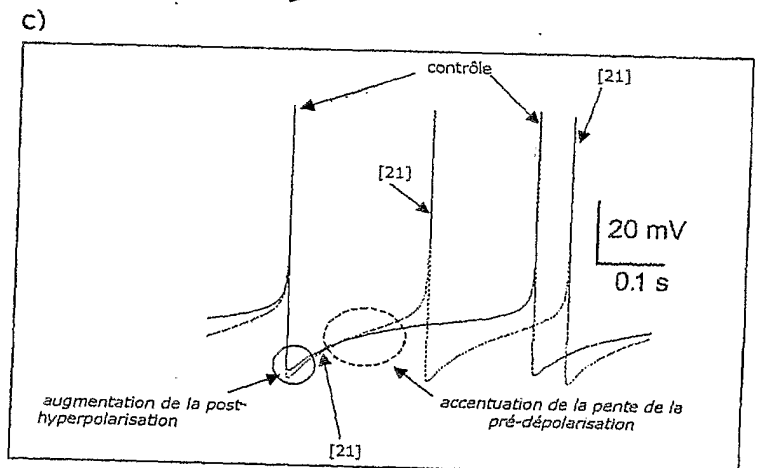


Fig. 5

1/2

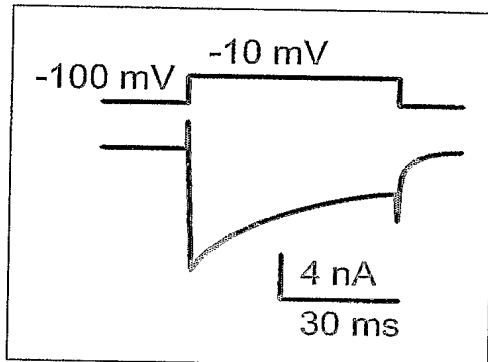


Fig. 1

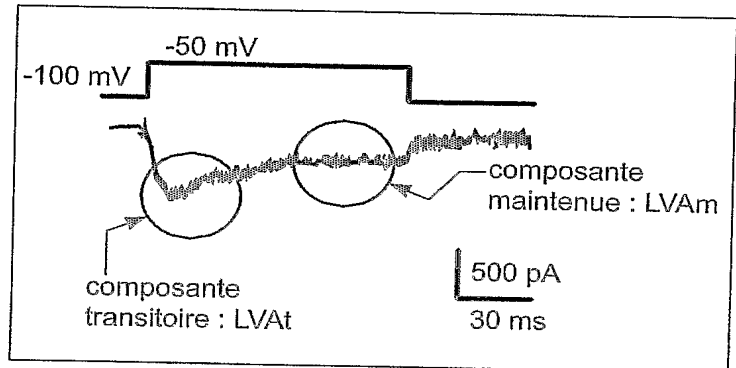


Fig. 2

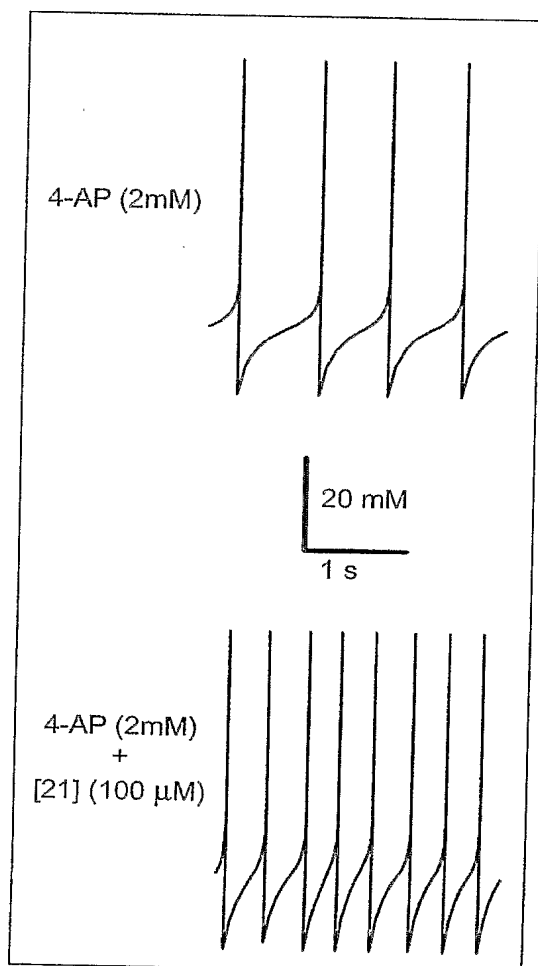


Fig. 3

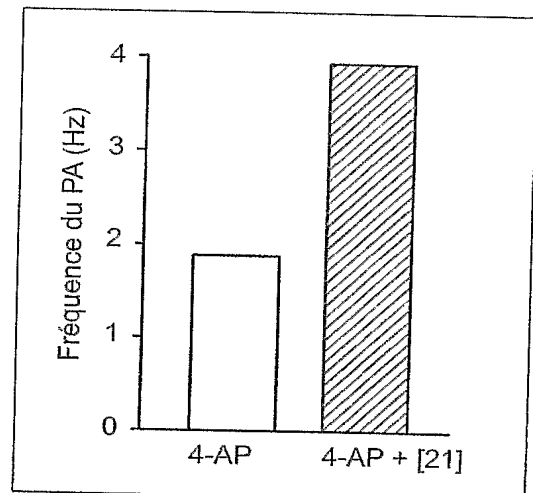


Fig. 4

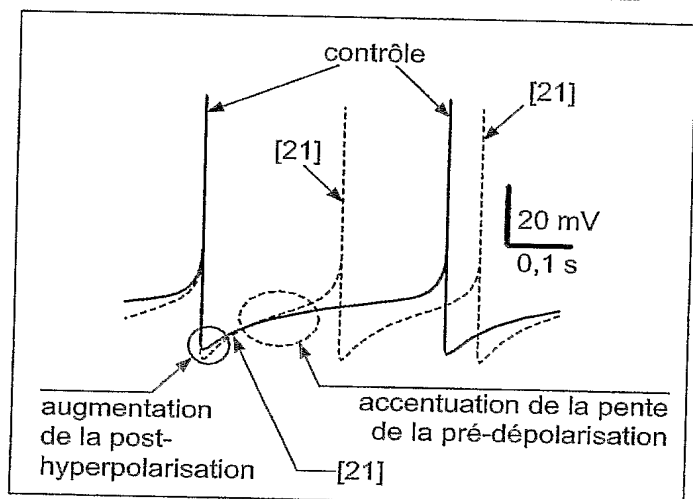


Fig. 5

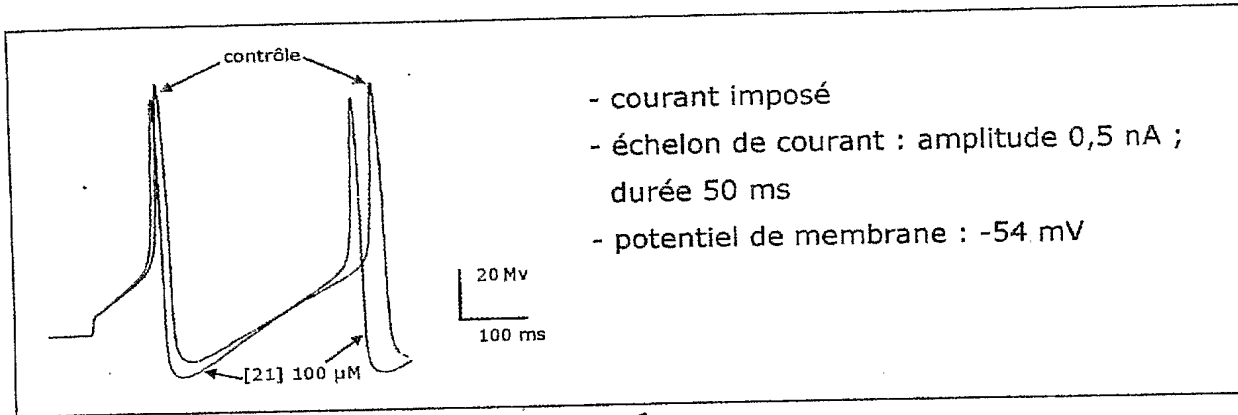


Fig 6

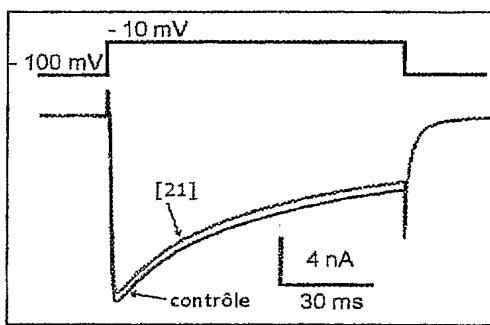


Fig 7

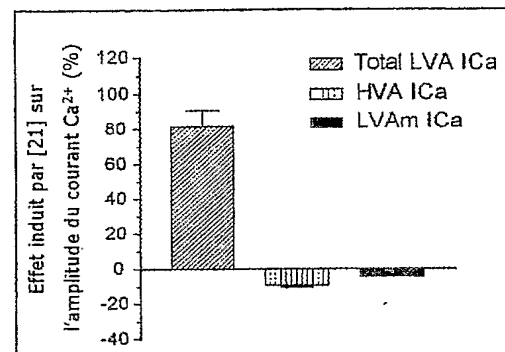


Fig. 12

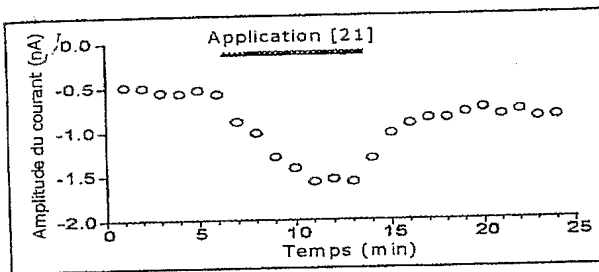


Fig. 8

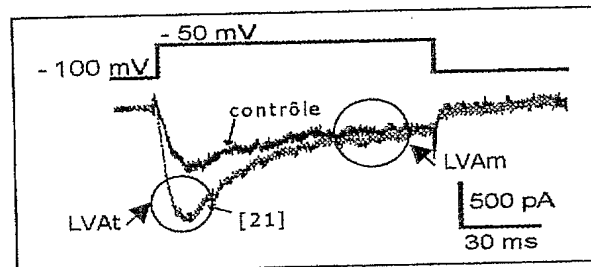


Fig. 9

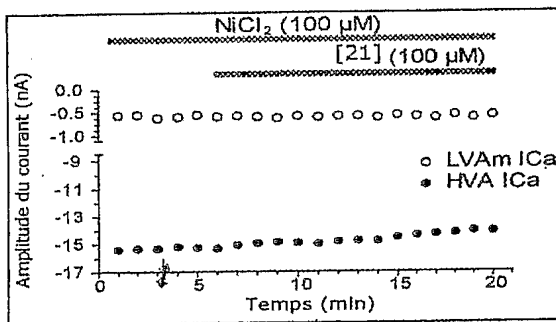


Fig. 10

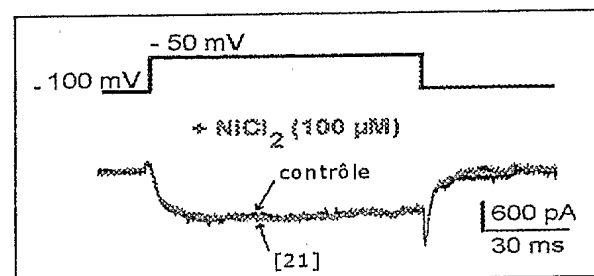


Fig. 11

2/2

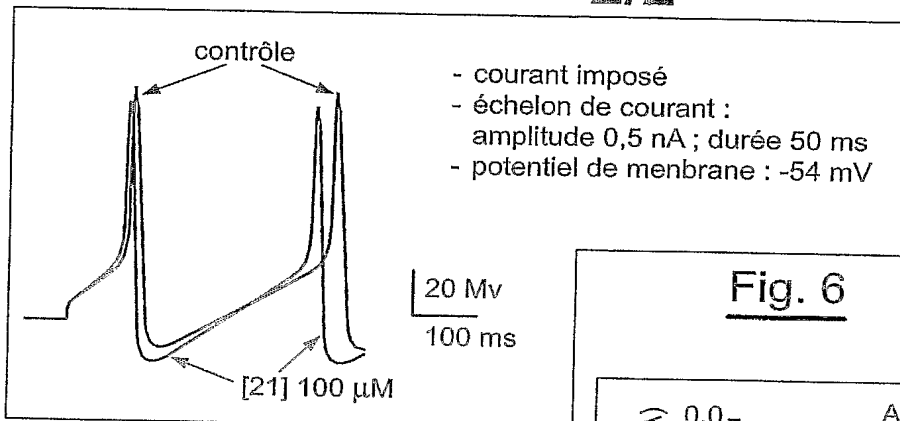


Fig. 6

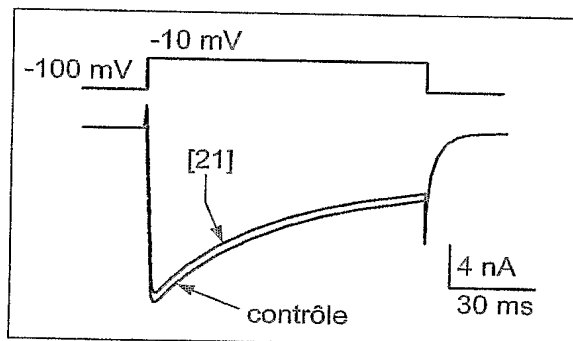


Fig. 7

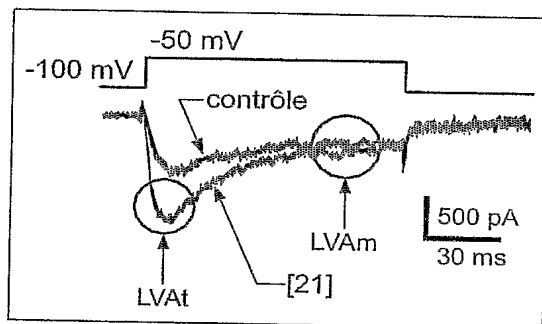


Fig. 9

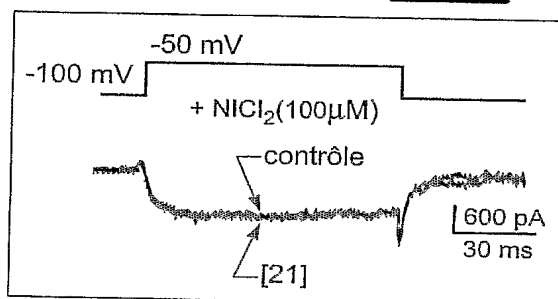


Fig. 11

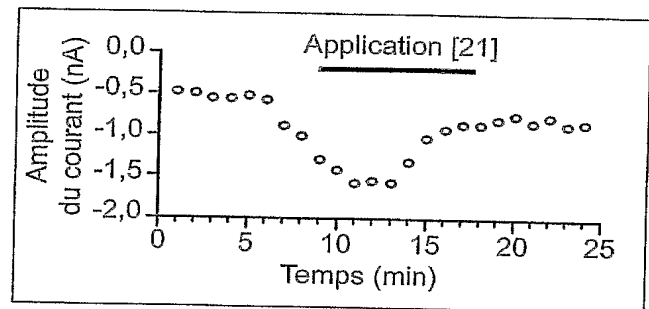


Fig. 8

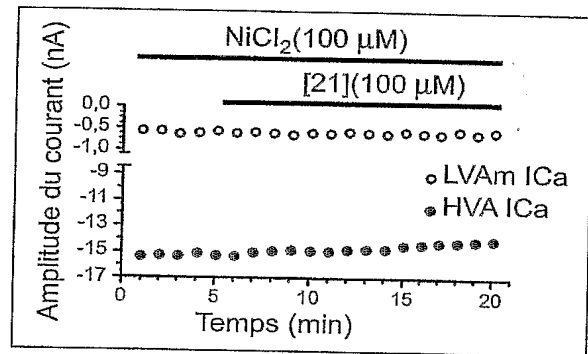


Fig. 10

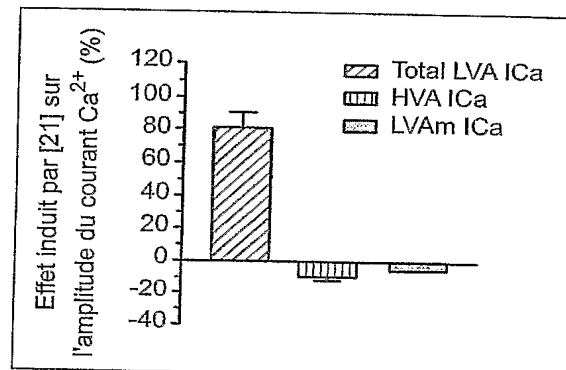


Fig. 12



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier
(facultatif)

N2982FR

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

03 14167

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Substance neuroactive et utilisations d'une telle substance

LE(S) DEMANDEUR(S) :

1. Université de Nantes
2 rue de la Houssinière
BP 92208
44322 NANTES CEDEX 32. Université d'Angers
40 rue de Rennes
49035 ANGERS Cedex

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom		PETIT	
Prénoms		Karina-Ethel	
Adresse	Rue	19 boulevard Victor Hugo	
	Code postal et ville	44200	NANTES

Société d'appartenance (facultatif)

Nom		BIARD	
Prénoms		Jean-François	
Adresse	Rue	16 rue du Cardinal Richard	
	Code postal et ville	44300	NANTES

Société d'appartenance (facultatif)

Nom		LAPIED	
Prénoms		Bruno	
Adresse	Rue	14 place de l'Oratoire	
	Code postal et ville	44000	NANTES

Société d'appartenance (facultatif)

DATE ET SIGNATURE(S)
DU (DES) DEMANDEUR(S)
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire)

le 1er décembre 2003

P. VIDON mandataire (CPI 92-1250)

P.O.

D. LARONIER (CPI 97-1201)

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2../2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		N2982FR	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03 14 167	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
Substance neuroactive et utilisations d'une telle substance			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
1. Université de Nantes 2 rue de la Houssinière BP 92208 44322 NANTES CEDEX 3		2. Université d'Angers 40 rue de Rennes 49035 ANGERS Cedex	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		GROLLEAU	
Prénoms		Françoise	
Adresse	Rue	20 Esplanade du Val d'Or	
	Code postal et ville	49265	AVRILLE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		HAMON	
Prénoms		Alain	
Adresse	Rue	4 rue des Grandes Pannes	
	Code postal et ville	49100	ANGERS
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) 1er décembre 2003 P. VIDON mandataire (CPI 92-1250)		 D. LARCHE CPI 92-1250	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

FR 04 3030

